

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от «17» июня 2014 г. № 14.575.21.0019 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 1 в период с «17» июня 2014 года по «31» декабря 2014 года выполнялись следующие работы:

1. Аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы.
2. Патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96.
3. Теоретические исследования методов создания низкодефектных гетероструктур на базе гетероструктур типа АШ/ОаЫ на подложках карбида кремния для создания СВЧ транзисторов.
4. Разработка конструкции переходных слоев исследуемых гетероструктур типа АПЧ/ОаЫ с учетом качества поверхности подложек кремния.
5. Исследование условий и особенностей роста создания переходных и буферных слоев АПЧ, АЮаЫ и ОаИ на подложках 81(111).
6. Исследование условий и особенностей создания низкодефектных гетерограниц АШ/ОаМ с отсутствием разрывов в наноразмерных слоях и с минимальным содержанием фоновой примеси в слоях методом молекулярно-лучевой эпитаксии с аммиачным источником на подложках кремния и карбида кремния.
7. Разработка экспериментальных образцов гетероструктур типа АПЧ/ОаЫ на подложках кремния и карбида кремния.
8. Разработка конструкции барьерного слоя транзисторной гетероструктуры АЮаЫ/АИЧ/ОаЫ на кремниевых подложках
9. Разработка эскизной конструкторской документации на экспериментальный образец транзисторной структуры на основе гетероструктур типа АШ/ОаЫ, созданных методом МЛЭ с аммиачным источником на подложках кремния и карбида кремния.
10. Закупка контрольно-измерительного оборудования для создания стенда измерения электрофизических параметров разрабатываемых транзисторных структур
11. Изготовление технологической оснастки для создания стенда измерения электрофизических параметров разрабатываемых транзисторных структур.

При этом были получены следующие результаты:

Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы. Выполнены патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96. Проанализировано более 50 источников. Определены основные тенденции развития транзисторов на основе нитридных гетероструктур. Проведены теоретические исследования методов создания низкодефектных гетероструктур на базе гетероструктур типа АПМ/ОаЫ на подложках карбида кремния для создания СВЧ транзисторов. Приведены основные особенности методов МОГФЭ, МЛЭ с плазменной активацией азота и МЛЭ с аммиачным источником. Разработана конструкция переходных слоев исследуемых гетероструктур типа АПЧ/ОаЫ с учетом качества поверхности подложек кремния. В целях минимизации механических напряжений и концентрации ростовых дефектов в качестве переходных слоев между подложкой кремния или карбида кремния выбрана система, состоящая из сверхрешетки и градиентного переходного слоя, разделённых слоем тройного раствора нитрида алюминия-галлия. Рост на подложках 81(111) и 6Н-81С должен начинаться со слоя АПЧ. Также возможно применение карбидизации кремния для создания 81С/81. Проведены исследования условий и особенностей роста создания переходных и буферных слоев АШ, АЮаЫ и ОаЫ на подложках 81(111)- Например для кремниевой подложки возможно создание на поверхности слоя 81С в вакуумной печи при температуре 1100-1200 °С в атмосфере СзШ с Аг + Ш с расходом 5 стандартных кубических сантиметров в минуту и 2 стандартных литров в минуту соответственно. Слой нитрида алюминия на рассогласованной подложке должен начинаться в низкотемпературном режиме (900 °С) и в дальнейшем зарастиваться при высоких температурах (ИЗО °С). А для создания переходных слоев и тройного раствора температура составляет 930 °С. Проведены исследования условий и особенностей создания низко дефектных гетерограниц АДО/ОаЫ с отсутствием разрывов в наноразмерных слоях и с минимальным содержанием фоновой примеси в слоях методом молекулярно-лучевой эпитаксии с аммиачным источником на подложках кремния и

карбида кремния. Были определены параметры роста барьерного слоя АШ толщиной 3-4 нм и прикрывающего его ОаК 2 нм. Проведена разработка экспериментальных образцов гетероструктур типа АПЧ/ОаБІ на подложках кремния и карбида кремния. В результате образцы имели подвижность носителей заряда двумерном электронном газе $1373 \text{ см}^2/\text{Вс}$, концентрацию $1,56 \times 10^{13} \text{ см}^{-2}$. Контроль качества поверхности выращенной гетероструктуры выполнялся методом атомно-силовой микроскопии. Разработана конструкция барьерного слоя транзисторной гетероструктуры АІСаБІ/АШ/(ЗаБІ на кремниевых подложках. Разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный образец транзисторной структуры на основе гетероструктур типа АДО/ОаБІ, созданных методом МЛЭ с аммиачным источником на подложках кремния и карбида кремния. В рамках создания эскизной конструкторской документации разработан маршрут изготовления макетов транзисторных структур. Маршрут предполагает создание затвора транзистора шириной не менее 2 мкм и длиной не более 200 нм. Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом. __